

## RADIO COMMUNICATION LINE WITH THREE-DIMENSIONAL MODULATION

**Patent number:** RU2152132 (C1)  
**Publication date:** 2000-06-27  
**Inventor(s):** ZAPLETIN JU V; BEZGINOV I G; ELFIMOVA T I; ZAPLETINA O A +  
**Applicant(s):** J NII SVJAZI, GUP VORON +  
**Classification:**  
- **international:** H04B7/02; H04B7/02; (IPC1-7): H04B7/02  
- **europaean:**  
**Application number:** RU19990101681 19990126  
**Priority number(s):** RU19990101681 19990126

[View INPADOC patent family](#)

[View list of citing documents](#)

[Report a data error here](#)

### Abstract of **RU 2152132 (C1)**

[Translate this text](#)

radio communication, in particular, space and earth communication systems.

SUBSTANCE: transmitting part of device has power splitter, two amplitude modulators, paraphase amplifier, and two transmitting antennas. Receiving part of device has two receiving antennas, adder, subtraction unit, low-pass filter, quarter-phase shifter, and demodulator. State-of-the-art device has low stability to noise in cases, when discrete complex phase-shift keyed signals are used, which are better than wide-band frequency-modulated signals. Goal of invention is achieved by introduced carrier frequency oscillator, and angular modulation unit at transmitting part, and two tuned filters, correlation receiver, band-pass filter, amplitude clipper, key mixer and delay gates. Level of stability to noise depends on bandwidth of tuned filters. EFFECT: increased stability to noise. 10 dwg



(19) RU<sup>(11)</sup> 2 152 132<sup>(13)</sup> C1  
(51) МПК<sup>7</sup> H 04 B 7/02

РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО  
ПО ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

(21), (22) Заявка: 99101681/09, 26.01.1999

(24) Дата начала действия патента: 26.01.1999

(46) Дата публикации: 27.06.2000

(56) Ссылки: RU 2001531 A, 15.10.1993. SU 1385305 A, 30.03.1980. US 4087818 A, 02.05.1978. RU 2085037 A, 20.07.1997. RU 2085039 A, 20.07.1997. RU 2114509 A, 27.06.1998. JP 54-41851 B, 11.12.1979.

(98) Адрес для переписки:  
394018, г.Воронеж, ул. Плехановская 14,  
Воронежский НИИ связи

(71) Заявитель:

Государственное унитарное предприятие  
Воронежский научно-исследовательский  
институт связи

(72) Изобретатель: Заплетин Ю.В.,  
Безгинов И.Г., Елфимова Т.И., Заплетина О.А.

(73) Патентообладатель:

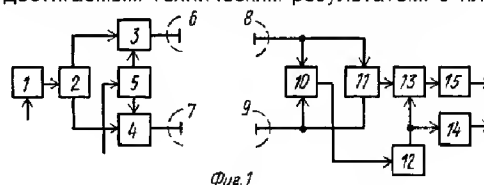
Государственное унитарное предприятие  
Воронежский научно-исследовательский  
институт связи

### (54) ЛИНИЯ РАДИОСВЯЗИ С ПРОСТРАНСТВЕННОЙ МОДУЛЯЦИЕЙ

(57) Реферат:

Предложенное устройство относится к области радиосвязи и может быть использовано в космических и наземных системах связи, использующих пространственную модуляцию. Линия радиосвязи, содержащая на передающей стороне разветвитель мощности, два амплитудных модулятора, парафазный усилитель и две передающие антенны, на приемной стороне две приемные антенны, сумматор, вычитатель, ФНЧ, фазовращатель на 90° и демодулятор. Однако данное устройство обладает недостаточной помехозащищенностью в случае применения дискретных составных частотных сигналов с фазовой манипуляцией, имеющих ряд преимуществ перед широкополосными ФМ

сигналами. Введение генератора несущей частоты и блока угловой модуляции на передающей стороне, а также двух перестраиваемых фильтров, корреляционного приемника, полосового фильтра, амплитудного ограничителя, смесителя ключей и элементов задержки позволило увеличить помехозащищенность, величина которой определяется полосами перестраиваемых фильтров, что и является достигаемым техническим результатом. 9 ил.





(19) **RU** <sup>(11)</sup> **2 152 132** <sup>(13)</sup> **C1**  
(51) Int. Cl.<sup>7</sup> **H 04 B 7/02**

RUSSIAN AGENCY  
FOR PATENTS AND TRADEMARKS

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21), (22) Application: 99101681/09, 26.01.1999

(24) Effective date for property rights: 26.01.1999

(46) Date of publication: 27.06.2000

(98) Mail address:  
394018, g.Voronezh, ul. Plekhanovskaja 14,  
Voronezhskij NII svjazi

(71) Applicant:  
Gosudarstvennoe unitarnoe predpriatie  
Voronezhskij nauchno-issledovatel'skij  
institut svjazi

(72) Inventor: Zapletin Ju.V.,  
Bezginov I.G., Elfimova T.I., Zapletina O.A.

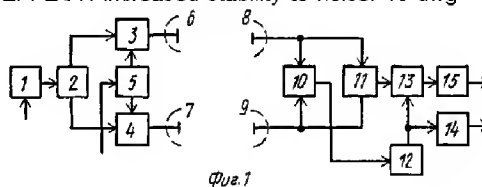
(73) Proprietor:  
Gosudarstvennoe unitarnoe predpriatie  
Voronezhskij nauchno-issledovatel'skij  
institut svjazi

(54) **RADIO COMMUNICATION LINE WITH THREE- DIMENSIONAL MODULATION**

(57) Abstract:

FIELD: radio communication, in particular, space and earth communication systems. SUBSTANCE: transmitting part of device has power splitter, two amplitude modulators, paraphase amplifier, and two transmitting antennas. Receiving part of device has two receiving antennas, adder, subtraction unit, low-pass filter, quarter-phase shifter, and demodulator. State-of-the-art device has low stability to noise in cases, when discrete complex phase-shift keyed signals are used, which are better than wide-band frequency-modulated signals. Goal of

invention is achieved by introduced carrier frequency oscillator, and angular modulation unit at transmitting part, and two tuned filters, correlation receiver, band-pass filter, amplitude clipper, key mixer and delay gates. Level of stability to noise depends on bandwidth of tuned filters. EFFECT: increased stability to noise. 10 dwg



RU 2 152 132 C1

RU 2 152 132 C1

Предлагаемое устройство относится к области радиосвязи и может быть использовано в космических и наземных системах связи, использующих пространственную модуляцию.

Известны устройства для радиосвязи с повторным использованием частоты (см. пат. США N 4087818, пат. Японии N 54-41858), в которых повторное использование частоты в условиях изменения параметров среды распространения сигналов и изменения взаимного расположения антенн достигается за счет обеспечения ортогональности по поляризации двух одновременно передаваемых сигналов с круговой или линейной поляризацией. Однако эти устройства из-за высоких требований к точности обеспечения ортогональности по поляризации передаваемых сигналов имеют сложную систему автоподстройки, использующую специальные пилот-сигналы. Кроме того, применение пилот-сигналов требует выделения дополнительных частотных каналов, не совпадающих со спектром передаваемых сигналов, что существенно усложняет конструкцию устройства и ухудшает его помехозащищенность.

Известно также устройство по а.с. N 1141978, содержащее два канала, в одном из которых информация передается с использованием угловой модуляции, а во втором канале - с использованием дополнительной модуляции сигналов по поляризации волн, позволяющей передавать дополнительную информацию (повторно использовать частоту).

Однако в случае использования широкополосных сигналов, что характерно для современных систем связи, низкая помехоустойчивость приема информации по второму каналу, обусловленная низкой помехоустойчивостью опорного сигнала для синхронного детектора.

Наиболее близким по технической сущности к заявляемому объекту является устройство с повторным использованием частоты по патенту РИ 2001531 C1, принятое за прототип.

Функциональная схема устройства-прототипа приведена на фиг. 1, где введены обозначения:

- 1 - генератор сигналов,
- 2 - разветвитель мощности,
- 3, 4 - первый и второй амплитудные модуляторы,
- 5 - противофазный усилитель,
- 6, 7 - передающие антенны,
- 8, 9 - приемные антенны,
- 10 - сумматор,
- 11 - вычитатель,
- 12 - фазовращатель на  $90^\circ$ ,
- 13 - перемножитель,
- 14 - демодулятор основного сообщения,
- 15 - фильтр нижних частот (ФНЧ).

Устройство-прототип содержит на передающей стороне генератор сигналов 1, выход которого соединен со входом разветвителя мощности 2, первый и второй выходы которого соответственно через первый 3 и второй 4 амплитудные модуляторы соединены с первой 6 и второй 7 передающими антеннами, первый и второй выходы противофазного усилителя 5 соединены с управляющими входами

амплитудных модуляторов 3, 4 соответственно, а вход является входом дополнительного сообщения устройства, на приемной стороне первую 8 и вторую 9 приемные антенны, выходы которых соединены соответственно с первыми и вторыми входами сумматора 10 и вычитателя 11, выход вычитателя 11 через перемножитель 13 соединен со входом ФНЧ 15, выход которого является дополнительным выходом устройства, выход сумматора 10 через фазовращатель на  $90^\circ$  12 соединен с другим входом перемножителя 13 и со входом демодулятора основного сообщения 14, выход которого является основным выходом устройства.

Устройство-прототип работает следующим образом.

Генератор сигнала 1, модулированный по фазе или частоте основным сообщением, формирует сигнал вида

$$U_c(t) = V_c \cos \psi(t), \quad (1)$$

где  $V_c$  - амплитуда сигнала;

$$\psi(t) = \omega(t) + \varphi(t),$$

$\omega$  - угловая частота;

$\varphi(t)$  - функция изменения фазы сигнала, соответствующая фазовой или частотной модуляции основным сообщением.

Сигнал (1) поступает на вход разветвителя мощности 2, где производится разделение мощности пополам и каждая половина этой мощности соответственно с первого и второго выходов поступает на входы первого 3 и второго 4 амплитудных модуляторов, выполненных в виде управляемых высокочастотных усилителей. В них амплитуда проходящих сигналов изменяется противофазно по закону дополнительного сообщения с помощью напряжений, снимаемых с противофазного усилителя 5. При этом сигналы на выходах модуляторов 3, 4 имеют вид

$$U_3(t) = V[1+f(t)]\cos\psi(t), \quad (2)$$

$$U_4(t) = V[1-f(t)]\cos\psi(t), \quad (3)$$

где  $V$  - амплитуда.

$f(t)$  - функция изменения амплитуды сигнала, соответствующая дополнительному сообщению.

Сигналы (2) и (3) излучаются в пространство передающими антеннами 6, 7.

На фиг. 2 показано расположение в пространстве передающих 6, 7 и приемных 8, 9 антенн.

Передающие и приемные антенны располагаются симметрично относительно оси  $00^1$ , соединяющей середины баз антенн  $d_T$ ,  $d_R$ . Мы рассматриваем случай, когда нет развязки между передающими 6, 7 и приемными 8, 9 антеннами, что имеет место при  $Z_T \ll d_T$ ,  $Z_R \ll d_R$ .

где  $Z_T$ ,  $Z_R$  - размеры апертур передающих и приемных антенн.

В этом случае диаграммы направленности антенн практически полностью перекрываются.

На выходах приемных антенн 8, 9 получим сигналы

$$U_8(t) = V_n [1+f(t)] \cos[\psi(t) + \Delta\varphi] + V_n [1-f(t)] \cos[\psi(t) - \Delta\varphi], \quad (4)$$

$$U_9(t) = V_n [1-f(t)] \cos[\psi(t) + \Delta\varphi] + V_n [1+f(t)] \cos[\psi(t) - \Delta\varphi], \quad (5)$$

где  $V_n$  - амплитуда сигнала в месте приема, обусловленная излучением одной из передающих антенн;

$\Delta\varphi$  - разность фаз, возникающая от разности хода лучей, которая определится как

$$\Delta\varphi = \omega\Delta t = \omega \frac{\Delta l}{c},$$

где  $\Delta t$  - время, необходимое для преодоления радиоволной расстояния  $\Delta l$  (разности хода лучей);

$c$  - скорость света.

Так как  $c = \lambda \frac{\omega}{2\pi}$ , то  $\Delta\varphi = \frac{2\pi\Delta l}{\lambda}$  (6)

Из геометрических построений на фиг. 2 следует, что

$$\Delta l = d_T \sin\theta = \frac{d_T (d_R + d_T)}{2D}. \quad (7)$$

Подставим (7) в (6) и получим

$$\Delta\varphi = \frac{\pi d_T (d_R + d_T)}{D\lambda}, \quad (8)$$

где  $\lambda$  - длина волны

$D$  - расстояние между передающей и приемной антеннами.

На выходах сумматора 10 и вычитателя 11 будут действовать сигналы

$$U_{\Sigma}(t) = 2V_n \{\cos\psi(t) + \cos[\psi(t) - \Delta\varphi]\}, \quad (9)$$

$$U_{\Delta}(t) = 2V_n f(t) \{\cos\psi(t) - \cos[\psi(t) - \Delta\varphi]\}. \quad (10)$$

После преобразования получим

$$U_{\Sigma}(t) = 4V_n \cos \frac{\Delta\varphi}{2} \cos \left[ \psi(t) - \frac{\Delta\varphi}{2} \right], \quad (11)$$

$$U_{\Delta}(t) = 4V_n f(t) \sin \frac{\Delta\varphi}{2} \sin \left[ \psi(t) - \frac{\Delta\varphi}{2} \right]. \quad (12)$$

Из выражений (11), (12) видно, что сигнал с выхода сумматора 10 имеет только угловую модуляцию функцией  $\varphi(t)$  (поскольку  $\psi(t) = \omega(t) + \varphi(t)$ ), а сигнал с выхода вычитателя 11 имеет как угловую, так и амплитудную модуляцию функцией  $f(t)$ . Необходимо отметить, что эта амплитудная модуляция есть результат пространственной модуляции сигнала, излучаемого передающими антеннами.

Радиолинию связи с дополнительной пространственной модуляцией сигнала можно рассматривать как двухканальную. Очевидно, что коэффициенты передачи сигналов в каналах угловой и пространственной модуляции являются периодическими функциями сдвига фаз  $\Delta\varphi$ , который является функцией расстояний между антеннами на передающей и приемной сторонах  $d_T$  и  $d_R$ , дальности связи  $D$  и длины волны  $\lambda$ . При

$\Delta\varphi = \frac{\pi}{2} + 2\pi n$  эти коэффициенты передачи равны, при этом

$$U_{\Sigma}(t) = 2\sqrt{2} \cdot V_n \cos \left[ \psi(t) - \frac{\pi}{4} \right], \quad (13)$$

$$U_{\Delta}(t) = 2\sqrt{2} \cdot V_n f(t) \sin \left[ \psi(t) - \frac{\pi}{4} \right]. \quad (14)$$

Амплитудно-модулированный сигнал (12) с выхода вычитателя 11 поступает на вход цепочки последовательно включенных перемножителя 13 и ФНЧ15.

Эта цепочка играет роль синхронного демодулятора (см. В.С. Андреев "Теория нелинейных электрических цепей" М. "Р и С" 1982 г., стр.100), на выходе которого

выделяется дополнительное сообщение, передававшееся по каналу пространственной модуляции.

Чтобы использовать выходной сигнал сумматора 10 в качестве опорного для синхронного демодулятора, его необходимо сфазировать со входным сигналом этого демодулятора. Для этого служит фазовращатель на  $90^\circ$  12.

Сигнал с выхода фазовращателя 12 модулирован только по углу. Поэтому он поступает для демодуляции по углу на демодулятор основного сообщения 14, на выходе которого выделяется основное сообщение, передававшееся по каналу угловой модуляции.

Однако устройство обладает недостаточной помехозащищенностью в случае применения дискретных составных частотных сигналов с фазовой манипуляцией (ДСЧ - ФМ), имеющих ряд преимуществ перед широкополосными ФМ сигналами, используемыми в прототипе. Как известно, в условиях воздействия помех с неравномерной спектральной плотностью лучшими оказываются сигналы, в наименьшей степени совпадающие с аддитивным шумом. Этому условию ДСЧ - ФМ сигнал удовлетворяет в более полной мере, чем сигнал ШПС - ФМ, что иллюстрируется на фиг. 5, где изображена частотно-временная плоскость, на которой штриховкой выделено распределение энергии ДСЧ - ФМ сигнала. Энергия ШПС - ФМ сигнала распределена на площади  $F T$  равномерно. Окрашенный шум представлен предельными явлениями - узкополосной и импульсной помехами (изображены сплошной штриховкой).

Для повышения помехозащищенности в устройство-прототип, содержащее на передающей стороне блок угловой модуляции, выход которого соединен со входом разветвителя мощности, два выхода которого соединены соответственно с первыми входами первого и второго амплитудных модуляторов, вторые входы которых соединены с двумя выходами парафазного усилителя, а выходы присоединены к антеннам, на приемной стороне две приемные антенны присоединены к двум входам сумматора и вычитателя, выход сумматора соединен со входом фазовращателя, демодулятор и фильтр нижних частот, введено на передающей стороне генератор несущей частоты, выход которого соединен со вторым входом блока угловой модуляции; на приемной стороне последовательно соединены первый перестраиваемый фильтр, первый элемент задержки и синхронный детектор, выход которого соединен со входом фильтра нижних частот, выход вычитателя соединен со входами первого перестраиваемого фильтра и первого ключа, выход которого соединен со входом первого элемента задержки, выход фазовращателя на  $90^\circ$  соединен со входами второго перестраиваемого фильтра и через второй элемент задержки с управляемым входом второго ключа, последовательно соединенные полосовой фильтр, смеситель и третий ключ, выход которого соединен с выходом второго ключа и через амплитудный ограничитель со вторым входом синхронного детектора, выход второго перестраиваемого

фильтра соединен со входом корреляционного приемника, п - выходов которого соединены соответственно с п - входами первого и второго перестраиваемыми фильтрами, первый выход корреляционного приемника соединен с управляемым входом третьего ключа и со входом фазоинвертора, выход которого присоединен ко входам первого и второго ключей, второй выход корреляционного приемника соединен со вторым входом смесителя, третий выход того же приемника присоединен ко входу полосового фильтра и четвертый - ко входу демодулятора основных сообщений.

На фиг. 2 приведена функциональная схема предлагаемого устройства, где введены обозначения;

- 1 - блок угловой модуляции,
- 2 - разветвитель мощности,
- 3, 4 - первый и второй амплитудные модуляторы,
- 5 - паразитный усилитель,
- 6 - генератор несущей частоты,
- 7, 9 - антенны с вертикальной поляризацией,
- 8, 10 - антенны с горизонтальной поляризацией,
- 11 - сумматор,
- 12 - блок разности,
- 13, 24 - первый и второй перестраиваемые фильтры,
- 14, 18 - первый и второй элементы задержки,
- 15 - синхронный детектор,
- 16, 19, 20 - первый, второй и третий ключи,
- 17 - амплитудный ограничитель,
- 21 - фазовращатель на  $90^\circ$ ,
- 22 - фазоинвертор,
- 23 - смеситель,
- 25 - полосовой фильтр,
- 26 - корреляционный приемник,
- 27 - демодулятор основных сообщений,
- 28 - фильтр нижних частот (ФНЧ).

Предлагаемое устройство имеет следующие функциональные связи: на передающей стороне генератор несущей частоты 6 через блок угловой модуляции 1 соединен со входом разветвителя мощности 2, два выхода которого соответственно через первый 3 и второй 4 амплитудные модуляторы соединены с первой 7 и второй 8 передающими антеннами, вторые входы амплитудных модуляторов соединены соответственно с выходами парафазного усилителя 5, вход которого является входом дополнительной информации, а второй вход блока угловой модуляции 1 является входом основной информации; первая 9 и вторая 10 приемные антенны соединены соответственно со входами сумматора 11 и вычитателя 12, выход сумматора 11 через фазовращатель на  $90^\circ$  21 соединен со входами второго перестраиваемого фильтра 24 и второго элемента задержки 18, выход которого соединен с управляющим входом второго ключа 19, выход вычитателя 12 через последовательно соединенные первый перестраиваемый фильтр 13, первый элемент задержки 14, синхронный детектор 15 и фильтр нижних частот 28 соединен с выходом устройства дополнительной информации, выход вычитателя 12, кроме того, через первый ключ 16 соединен со входом первого элемента задержки 14, выход второго

перестраиваемого фильтра 24 соединен со входом корреляционного приемника 26, п - выходов которого соединены соответственно с п - входами первого 13 и второго 24 перестраиваемых фильтров, первый выход корреляционного приемника 26 со входом фазоинвертора 22 и управляющим входом третьего ключа 20, второй выход корреляционного приемника 26 соединен с одним из входов смесителя 23, а третий выход того же приемника через последовательно соединенные полосовой фильтр 25, смеситель 23 и третий ключ 20 соединен со входами второго ключа 19, и через амплитудный ограничитель 17 со вторым входом синхронного детектора 15, выход фазоинвертора 22 соединен со входами первого 16 и второго 19 ключей, четвертый же выход корреляционного приемника 26 через демодулятор 27 соединен с выходом основных сообщений.

Предлагаемое устройство работает следующим образом.

Дискретно составной частотный сигнал с фазовой манипуляцией (ДСЧ-ФМ), вырабатываемый генератором несущей частоты 6, модулируется в блоке угловой модуляции 1 по частоте или фазе сигналом основных сообщений. С выхода блока угловой модуляции 1 сигнал поступает на вход разветвителя мощности 2, с выхода которого сигнал разветвляется на два канала, в которых установлены блоки амплитудных модуляторов 3, 4. В этих модуляторах амплитуда входящих сигналов изменяется противофазно по закону передаваемых дополнительных сообщений, снимаемых с парафазного усилителя 5. С выходов блоков амплитудной модуляции 3, 4 сигналы поступают на антенны с вертикальной 7 и горизонтальной 8 поляризацией. Эти антенны создают поля с ортогональной поляризацией (линейной или круговой).

Сигналы, излучаемые передающими антеннами 7, 8, принимаются приемными антеннами 9, 10 с ортогональной поляризацией и поступают на входы сумматора 11 и блока разности 12. С выхода сумматора 11 сигнал через фазовращатель на  $90^\circ$  21 поступает на вход перестраиваемого фильтра 24. Вариант исполнения перестраиваемого фильтра приведен на фиг.4, где обозначено: 1 - ключ, 2 - полосовой фильтр, 3 - сумматор. На вход перестраиваемого фильтра поступает ДСЧ-ФМ сигнал (см. Л.Е.Варакин "Системы связи с шумоподобными сигналами", М., "Р. и С." 1985 г. стр.36-38).

На фиг.5 изображена частотно-временная плоскость, на которой штриховкой выделено распределение энергии ДСЧ-ФМ сигнала, откуда следует, что при приеме ШПС-ФМ сигнала полоса пропускания входного фильтра в каждый момент времени должна быть равна  $F$ , а при приеме ДСЧ-ФМ сигнала она должна быть равна  $F/N_c$ , где  $N_c$  - число частотных позиций ДСЧ-ФМ-сигнала.

Временная последовательность включения полосовых фильтров 2 определяется частотно-временной структурой ДСЧ-ФМ сигнала. Полоса пропускания фильтров 2 равна полосе частот  $\Delta f = F/N_c$ , занимаемой частотно-временным элементом сигнала, а длительность включения фильтров 2 равна длительности  $\Delta t$  частотно-временного

элемента сигнала. Команды управления перестраиваемым фильтром 24 поступают с выходов управления фильтрами дешифратора 5 корреляционного приемника (см. фиг. 9). С генератора ПСП 6 приемника на соответствующие входы дешифратора 5 подаются тактовые импульсы (фиг. 7а) и установочные импульсы (фиг. 7б), совпадающие с началом ПСП.

Вариант исполнения дешифратора 5 приемника показан на фиг. 6, где обозначено: 1 - делитель, 2 - регистр сдвига, 3 - кодопреобразователь. На вход регистра сдвига поступает установочный импульс, совпадающий по времени с началом ПСП. Одновременно на первом входе регистра сдвига (7г) появляется сигнал логическая "1". В момент появления импульса на тактовом входе регистра сдвига сигнал логическая "1" на первом выходе регистра сдвига исчезает и появляется на втором выходе (фиг. 7д). Эти выходные импульсы управляют ключами перестраиваемого фильтра. Делитель осуществляет деление частоты следования входных тактовых импульсов (фиг. 7а) в  $N_c$  раз, где  $N_c$  - число сегментов ПСП, соответствующее числу частотных позиций ДСЧ-ФМ сигнала. Кодопреобразователь преобразует выходной код регистра сдвига в код управления частотой синтезатора 3 приемника 26.

С выхода перестраиваемого фильтра 24 сигнал поступает на корреляционный приемник (см. фиг. 9), состоящий из перемножителя 1, узкополосного фильтра 2, блока обнаружения и синхронизации 7, генератора ПСП 6, фазового модулятора 4. Работа корреляционного приемника заключается в фазировании генератора ПСП 6 и входного сигнала с помощью блока обнаружения и синхронизации 7. В этом случае на выходе перемножителя 1 выделяется несущая частота полезного сигнала. Фильтрация несущей частоты осуществляется узкополосным фильтром 2 с полосой пропускания, равной полосе сигнала  $\Delta f_{\text{уф}} = 2/T$ , где  $T$  - длительность сигнала. Выделенный узкополосный сигнал поступает на демодулятор сообщений 27, откуда снимается сигнал основного сообщения.

Сигнал несущей частоты полезного сигнала с выхода перемножителя 1 приемника (фиг. 9) поступает, кроме того, на полосовой фильтр 25, полоса пропускания которого выбирается в  $K$  (~2-4) раз больше полосы информационного сигнала.

Так как ширина полосы пропускания фильтра 25 значительно меньше полосы, занимаемой широкополосным сигналом  $\Delta f_{\text{шлс}} = N \cdot \Delta f_{\text{инф}}$ , то на выходе фильтра 25 величина мощности помех будет снижена в  $N/K$  раз, т.е. при  $N = 1000$  примерно в 250-500 раз. При этом соотношение сигнал/помеха становится больше единицы.

Восстановление исходной формы входного ДСЧ-ФМ сигнала осуществляется в смесителе 23, на один вход которого поступает отфильтрованная несущая, а на другой - ДСЧ-ФМ сигнал с выхода фазового модулятора 4 приемника (фиг. 9). В фазовом модуляторе 4 выходной сигнал синтезатора 3, задающий частотно-временную структуру опорного ДСЧ-ФМ сигнала, манипулируется

по фазе сигналом псевдослучайной последовательности, поступающей с выхода генератора ПСП 6. Причем опорная ПСП синхронна с модулирующей ПСП входного сигнала.

Таким образом, в смесителе 23 происходит восстановление формы полезного входного ДСЧ-ФМ сигнала, но очищенного от входных шумов. С выхода смесителя 23 через ключ 20 и амплитудный ограничитель 17 этот сигнал в качестве опорного подается на синхронный детектор 15, на сигнальный вход которого поступает сигнал с выхода блока разности 12, предварительно отфильтрованный перестраиваемым фильтром 13. Этот перестраиваемый фильтр 13 аналогичен фильтру 24, алгоритмы их работы также совпадают.

Выигрыш в помехозащищенности предлагаемого устройства достигается за счет применения перестраиваемых фильтров 13, 24, полоса пропускания которых  $\Delta f = \Delta f_{\text{шлс}}/N_c$ , где  $N_c$  - количество сегментов ПСП, совпадающее с числом частотных позиций ДСЧ-ФМ сигнала. Полоса пропускания входного фильтра в прототипе не может быть меньше величины  $\Delta f_{\text{шлс}}$ . Таким образом, полоса входных перестраиваемых фильтров в предлагаемом устройстве в  $N_c$  раз уже полосы входного фильтра прототипа. Следовательно, суммарная мощность коррелированных помех (узкополосных и импульсных), попадающих на вход корреляционного приемника, а также на вход синхронного детектора 15, в  $N_c$  раз меньше, чем в прототипе, что и определяет повышение помехозащищенности предлагаемого устройства.

Блоки - элемент задержки 18 и ключ 19 - необходимы для исключения потери информации, передаваемой по каналу дополнительных сообщений до момента обнаружения информации корреляционным приемником 26. До этого момента опорный сигнал поступает на вход синхронного детектора 15 с выхода сумматора 11 через элемент задержки 18 и ключ 19. При этом сигнал с выхода блока разности 12 поступает на сигнальный вход синхронного детектора 15 через ключ 16 и элемент задержки 14.

Вариант исполнения генератора несущей частоты 6 показан на фиг. 8, где обозначено: 1 - синтезатор частот, 2 - фазовый модулятор, 3 - дешифратор, 4 - генератор ПСП, 5 - опорный генератор. Алгоритм функционирования генератора несущей частоты 6 аналогичен алгоритму устройства формирования опорного сигнала (блоки 3, 4, 5, 6 фиг. 9 корреляционного приемника).

Генератор ПСП, примененный в предлагаемом устройстве, отличается от генератора ПСП прототипа наличием дополнительного выхода, с которого снимаются установочные импульсы, совпадающие с началом ПСП. Такие генераторы ПСП описаны в литературе (см., например, Петрович Н.Г., Размахнин М.К. "Системы связи с шумоподобными сигналами", М., "Сов. радио", 1969 г. стр. 146, рис. 68).

### Формула изобретения:

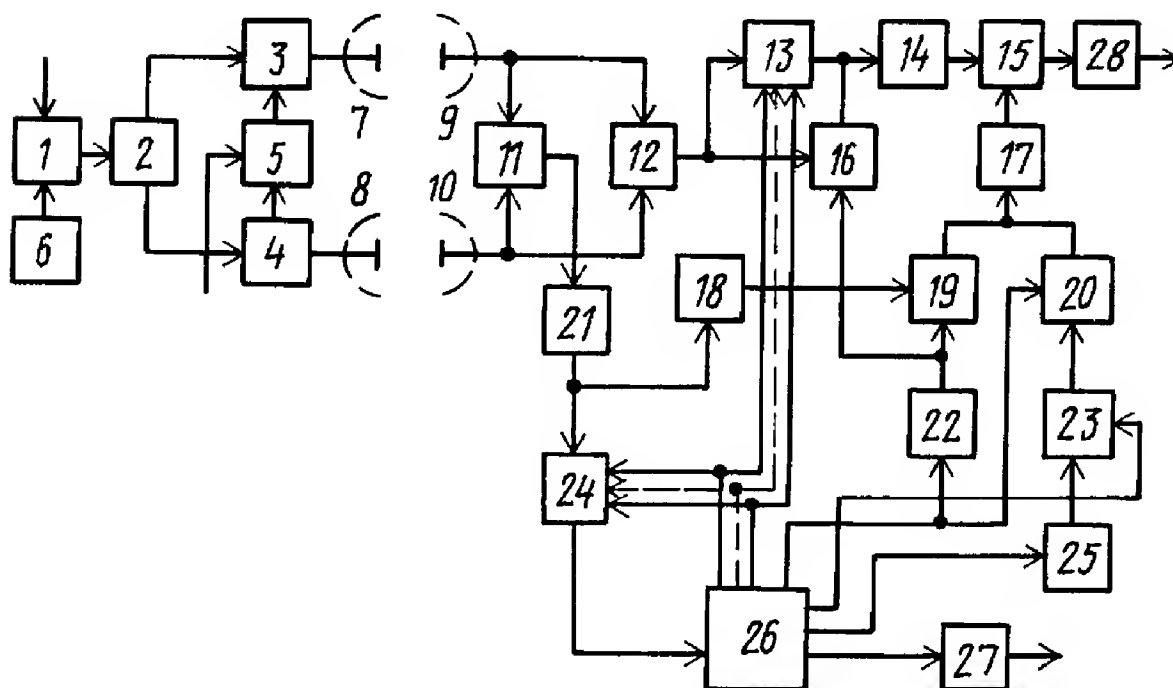
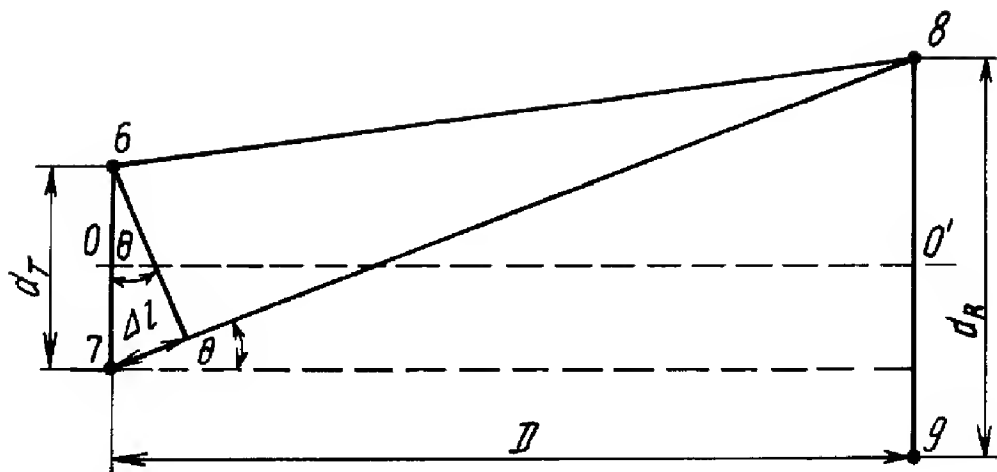
Устройство радиосвязи с пространственной модуляцией, содержащее на передающей стороне разветвитель

мощности, два выхода которого соединены соответственно со входами первого и второго амплитудных модуляторов, вторые входы которых соединены с выходами парафазного усилителя, вход которого является входом дополнительной информации, а выходы амплитудных модуляторов присоединены соответственно к передающим антеннам, при приемной стороне первая и вторая антенны присоединены соответственно к двум входам сумматора и вычитателя, выход сумматора соединен со входом фазовращателя на  $90^\circ$ , фильтр нижних частот и демодулятор основных сообщений, отличающееся тем, что введены на передающей стороне блок угловой модуляции, первый вход которого является входом основной информации, второй вход соединен с выходом генератора несущей частоты, а выход присоединен ко входу разветвителя мощности, на приемной стороне последовательно соединенные первый перестраиваемый фильтр, первый элемент задержки и синхронный детектор, выход которого соединен со входом фильтра нижних частот, с выхода которого снимается дополнительная информация, вход первого перестраиваемого фильтра соединен с

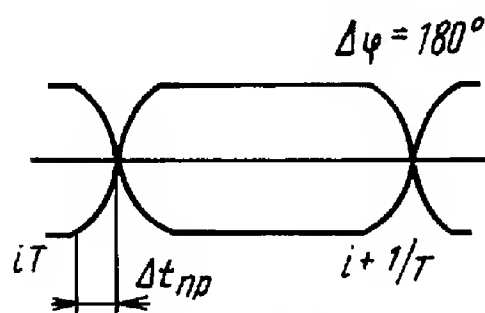
5  
10  
15  
20  
25  
30  
35  
40  
45  
50  
55  
60

выходом вычитателя и через первый ключ - со входом первого элемента задержки, последовательно соединенные полосовой фильтр, смеситель и третий ключ, выход которого соединен с выходом второго ключа и через амплитудный ограничитель - со вторым входом синхронного детектора, выход фазовращателя через второй перестраиваемый фильтр соединен со входом корреляционного приемника и через второй элемент задержки - со входом второго ключа, управляемый вход которого соединен с управляемым входом первого ключа и выходом фазоинвертора, вход которого присоединен к управляемому входу третьего ключа и первому выходу корреляционного приемника, n выходов которого соединены соответственно с n входами первого и второго перестраиваемых фильтров, второй выход корреляционного приемника соединен со вторым входом смесителя, третий выход корреляционного приемника присоединен ко входу полосового фильтра и четвертый - ко входу демодулятора основных сообщений, с выхода которого снимается основная информация.

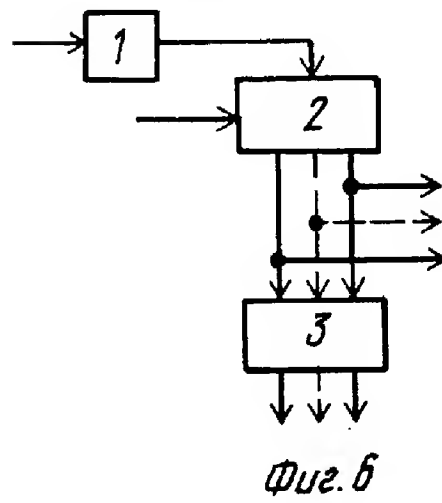
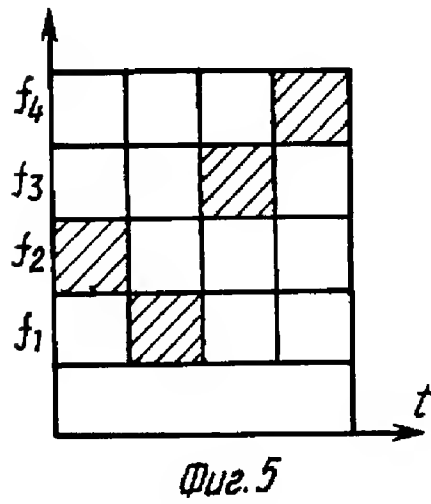
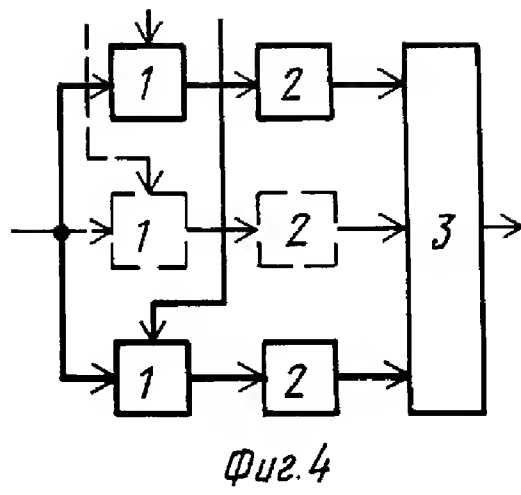


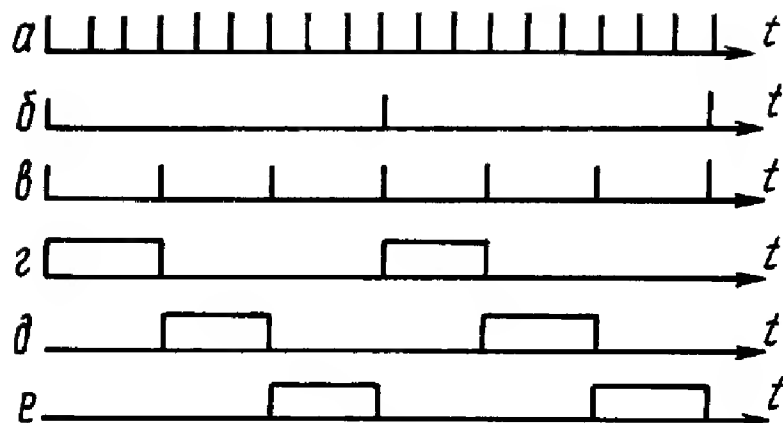


Фиг. 2

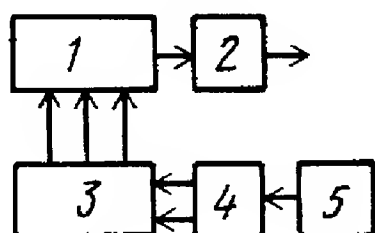


Фиг. 3

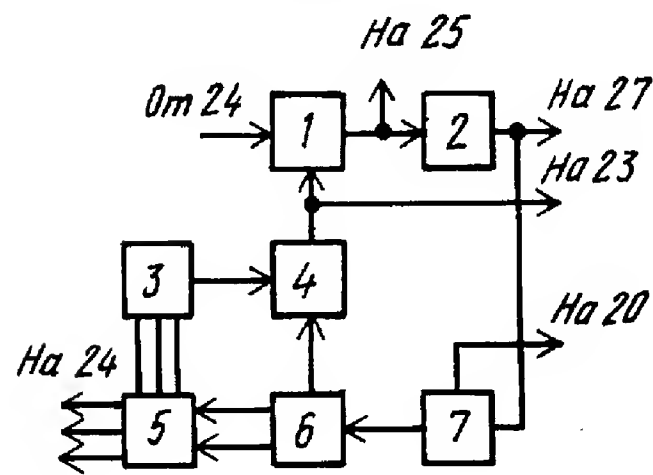




Фиг. 7



Фиг. 8



Фиг. 9

RU 2152132 C1

RU 2152132 C1